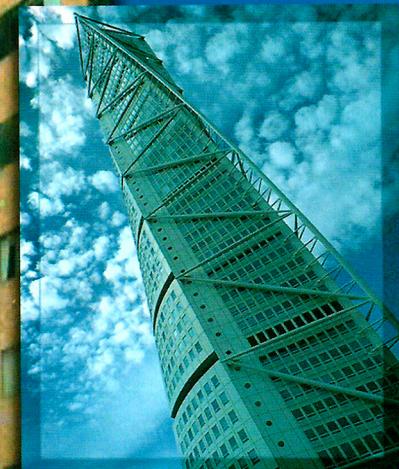


أساسيات تكنولوجيا الخرسانة

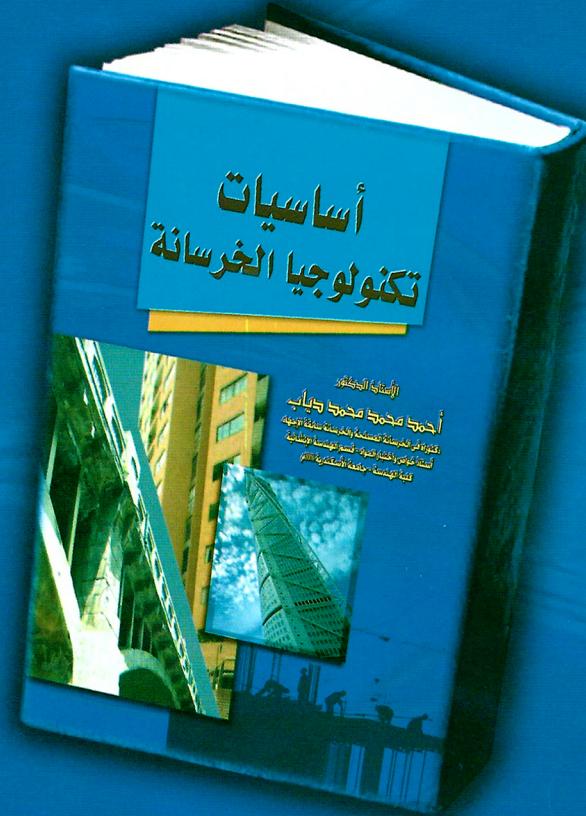
الأستاذ الدكتور

أحمد محمد محمد حباب

دكتوراه في الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد
أستاذ خواص واختبار المواد - قسم الهندسة الإنشائية
كلية الهندسة - جامعة الأسكندرية



أساسيات تكنولوجيا الخرسانة



SCANED BY
ENG.OSAMA TAREK

الباب الرابع صناعة الخرسانة (Concrete Manufacture)

١- مقدمة:

تكون الخرسانة من مادة لاحمة ومادة خاملة، وتكون المادة اللاحمية من ناتج تفاعل الأسمنت والماء، وقد تكون مادة بوليميرية لتنسيق الخرسانة في هذه الحالة Polymer Concrete، أما المادة الخاملة فيتمثلها الركام، ويشغل الركام الكبير والصغير حوالي ٤٣% حجم الخرسانة.

وتمر الخرسانة بمراحل رئيسية خلال عمرها؛ وهي مرحلة الخرسانة الطازجة ومرحلة الخرسانة الخضراء ومرحلة الخرسانة المتصلدة، ويجب أن تحقق الخرسانة في هذه المراحل الشفافية المطلوبة ومقاومة ضغط معينة تناسب نوع المنشآت، ويجب أن تكون الخرسانة أيضاً قادرة للظروف المحيطة لها مما يعرف بالتحمليات، وسنذكر فيما يلى خطوات صناعة الخرسانة.

٢- مرحلة الإعداد والتجهيز:

وتمر هذه المرحلة بمرحلتين أساسيتين؛ وهما تجهيز المواد واختبارها وتجهيز الفرم والشادات الملائمة للمنشآت.

٣- اختيار المواد واختبارها:

١- الأسمنت:

يحدّد نوع الأسمنت طبقاً لنوع المنشآت وطريقة التشييد والظروف المحيطة، ويجب حفظه في الموقع بطريقة صحيحة بعيداً عن الماء أو الرطوبة، وإذا خزن لفترة أكثر من شهر يجب إجراء الاختبارات القياسية عليه مرة أخرى قبل الاستخدام للتأكد من صلاحيته للاستخدام مرة أخرى، ويجب الا تزيد درجة حرارته عن 45 درجة مئوية إذا لم تتم احتياطات خاصة عند الصب، أو 70 درجة مئوية عند اتخاذ إجراءات خاصة لخفض درجة حرارة الخرسانة، ويجب الا يستخدم في أعمال الخرسانة المسلحة أي أسمنت بدأت تكون فيه حبيبات متصلدة أو مضى على تسوينه أكثر من ستة شهور.

٤- الركام:

يحدّد نوع الركام المستخدم تبعاً لعوامل عديدة، أهمها مكان المحاجر وبعدها عن الموقع ولنوع المنشآت، ويختار الركام الكبير بحيث يكون المقاييس الاعتباري الأكبر $1\frac{1}{2}$ أقل بعد للمنشآت ولا يزيد عن $3\frac{1}{2} - 4\frac{1}{3}$ المسافة الخالصة بين حديد التسلیح، والرمال المستخدمة لابد أن تكون خففة ومتردجة، ويفضل عمل مظللات وخاصة في المناطق الحارة لحفظ الركام من الأمطار والأشعة الشمس المباشرة والحرارة، ويجب أن يكون الركام خالي من المواد الضعيفة والضارة ويكون غير قابل للتفاعل مع قلويات الأسمنت.

الخلاطات الحجمية :Volumetric Mixer

وأوجد منها عدة أنواع:

1. خلاطة تدور حول محور رأسى: وتسخدم غالباً فى المعامل.
 2. خلاطة نحلة: وهى خلاطة ذات سعة صغيرة تدور حول محور وهذه لا تسخدم فى الأعمال الهامة.
 3. خلاطة حجمية ذات سعة كبيرة: تتميز هذه الخلطة بحلة ذات سعة كبيرة ويقوم المقاول بتجهيز منصة تحمل أمامها.
 4. خلاطة ذات قادوس تحميل.

٤- طه المزبس تجهيز تجهيز الخلطة للـ حفارات حجارة ومثلاً كما يلى :

ماه	زلط	رمل	اسمنت
180 لتر	3 م 0.82	3 م 0.4	9 شکافی

شكل رقم (٤-١) يحتوى على رسومات توضح الأشكال المختلفة لبعض الخلطات المجمعة.

:الخلاطات الوزنية (Bach plant)

والتكون من الأجزاء التالية:

1. الخلاطة و هي المكون الرئيسي
 2. برج التحكم: وفيه مجموعة من الموازين، ومزود بوحدة تحكم إلكترونية في بعض المطحاطات، ويتصل البرج بالخلاطة بحيث يتم وزن آلية كميات من المواد تدخل للخلاطة.
 3. صوامع تخزين الأسمنت.
 4. خزان ماء.
 5. خزان إضافات.
 6. أماكن تخزين الرمل وأماكن تخزين الركام الكبير بمقاساته المختلفة.
 7. عربات دوارة لنقل الخرسانة للموقع، أو عربات صغيرة غير دوارة.
 8. مغذى للركام: وهو عبارة عن حاوية ذات غرف متعددة يوضع فيها الركام باستخدام محمل (Loader) أو سير.
 9. سير لنقل الركام للخلاطة.

جـ - المـاعـنـ

- | | | |
|---|------|---|
| Gram في اللتر من الأملاح الكلية الذائية (T.D.S). | 2.00 | • |
| Gram في اللتر من أملاح الكلوريدات على هيئة CI. | 0.50 | • |
| Gram في اللتر من أملاح الكبريتات على هيئة SO ₃ . | 0.30 | • |
| Gram في اللتر من أملاح الكربونات والبيكربونات. | 1.00 | • |
| Gram في اللتر من أملاح كبريتيد الصوديوم. | 0.10 | • |
| Gram في اللتر من المواد العضوية. | 0.20 | • |
| Gram في اللتر من المواد غير العضوية وهي، الطين ومواد العالقة. | 2.00 | • |

٢-٢٤ إعداد الفرم والشادات:

قد تكون الفرم المستخدمة مصنوعة من الأخشاب الطرية أو الصلبة أو أخشاب الأيلكاج أو الشدات المعدنية، وقد تكون شدات على هيئة بواكى صغيرة أو كبيرة مثل الشدات النفقية، ويفضل أن يتواافق فيها ما يلى:

- أ- أن تكون قوية لتحمل ضغوط الخرسانة والأحمال الواقعة عليها.

بـ: يجب أن تكون محكمة حتى لا تسرق المونة.
ويفضل رش الشدات الخشبية بالماء قبل الصب حتى لا تمتض الشدات مياه الخرسانة ولها
آية فوascal بين أجزاء الشدة، ويجب عمل تحديب للشدات في حالة المنشآت ذات البحور المطوية
عكس اتجاه الترخيم، ففي حالة الكمرات فيكون التحديب¹ من البحر إذا زاد البحر عن
متر و¹⁵⁰ من البحر في حالة الكوابيل الأكبر من 2 متر.

3-2-4 تجهيز الكهرباء والعمارات:

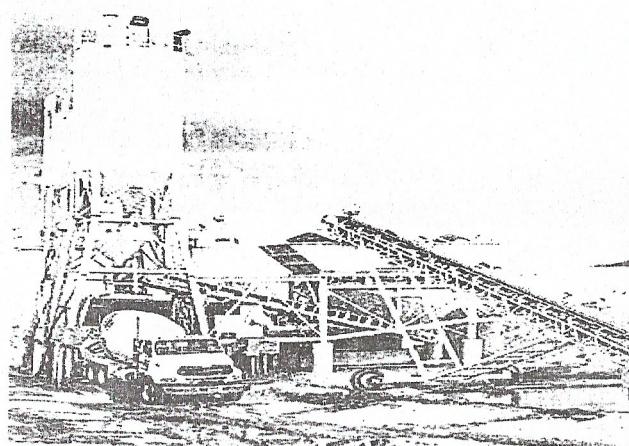
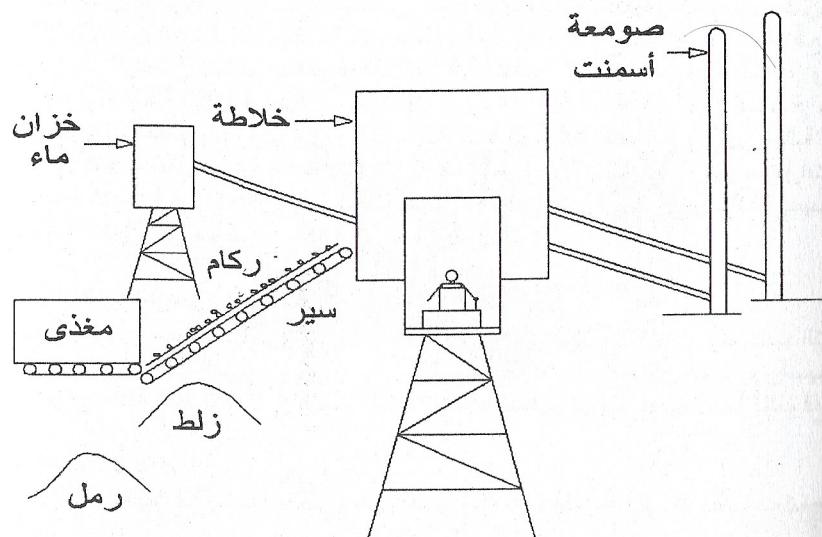
في حالة الخلطات الحجمية تعمل صناديق للرخام بحجم يتوقف على سعة الخلطة، ويضاف الماء ببناء معاير، أما الأسمنت فيمعايير بالشيكارة، أما في حالة الخلطات الوزنية فيتم وزن المكونات طبقاً لسعة الخلطة.

٣٤ - حلقة الخرسانة الطازجة.

وتنقسم خطوات صناعة الخرسانة في هذه المرحلة إلى مراحل الخلط والنقل والصب وتمهيد

١-٣-٤ خلط الخرسانة:

قد يكون خلط الخرسانة يدوياً أو ميكانيكيّاً، ولا يفضّل الخلط اليدوي، ولكن إذا لزم الأمر استخدامه فلابد من اتخاذ الاحتياطات الازمة، حيث يتم خلط المواد مرتين على الناشف إضافة المياه بالمحراث، ثم تخلط مرتين على الأقل بعد إضافة الماء. أما الخلط الميكانيكي في خلاطات حجمية أو خلاطات مرکزية. ويتم الخلط لمدة تتراوح بين 5-2 دقائق، وتتم الخلطات الوزنية عن الحجمية حيث يتحسن ضبط الجودة باستخدامها.



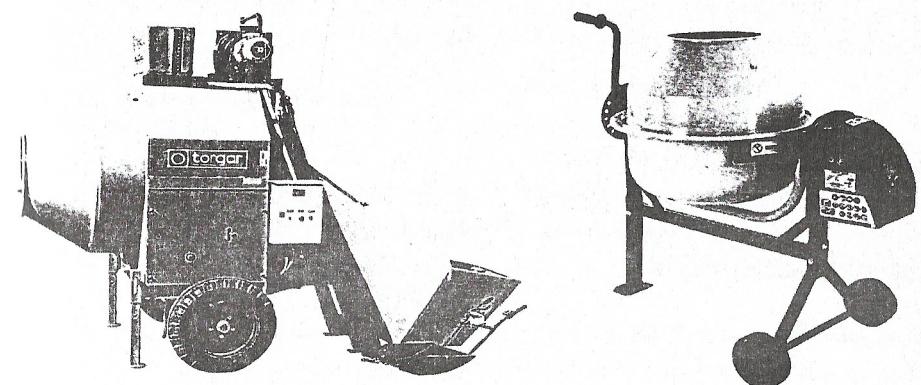
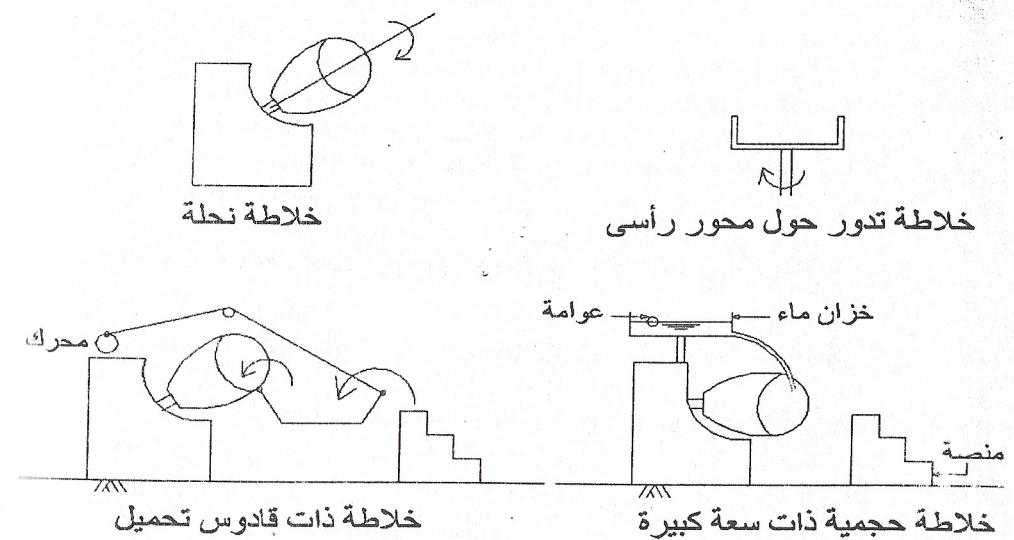
شكل (4-2) شكل و صورة للخلاطة الوزنية

٤-٤ نقل الخرسانة:

وتقام عملية النقل بطرق عديدة منها:

- 1- بالطرق اليدوية: حيث يتم الحمل المباشر للخرسانة.
- 2- بواسطة عربات صغيرة تدفع يدوياً؛ وهي سهلة المناورة.
- 3- باستخدام Dumper: وهي عربات تتحرك داخل الموقع يتحكم فيها سائق، وتعمل بالوقود، وتتميز بخفة الحركة والمناورة ونقل الخرسانة من المضخة حتى مكان الصب، ويعيدها في حالة عدم إستواء الطرق أن الخرسانة قد تتعرض للتزييف نتيجة الاهتزاز.

٤- العربات الخلاطة:



شكل (4-4) أشكال وصور الخلطات الحجمية

وتتميز تلك الخلاطة بـ:

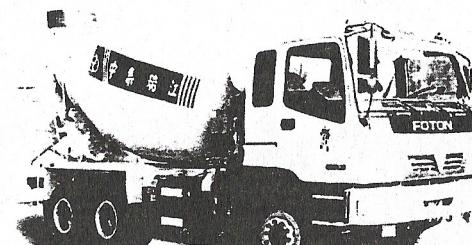
1. إنتاجية عالية تتراوح بين 30 إلى 150 $\text{م}^3/\text{ساعة}$.

2. جودة عالية.

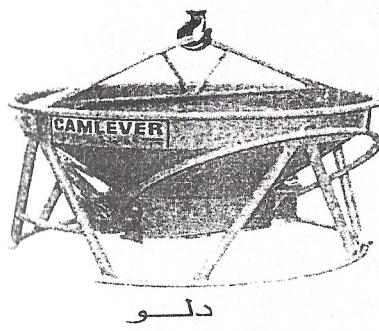
3. الخلطة مجهزة بمقاييس لقياس رطوبة الرمل والركام الكبير، وتعديل الأوزان.

شكل رقم (4-2) يوضح رسومات للخلاطة الوزنية.

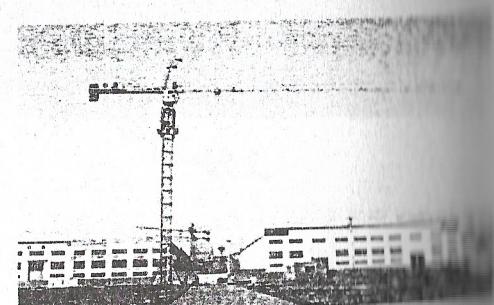
وهي عربة مزودة بحطة دواره مزودة بأذرع ميكانيكية داخل العربة، تعمل على خلط الخرسانة عند نقلها من الخلطة المركزية الى داخل المدن أو خارج المدن إلى الموقع، وقد يطول مسار الرحلة للوصول للموقع، لذلك فغالباً تضاف إضافة كيميائية مؤجلة للشاك، ويجب ضبط سرعة دوران الحلة لتكون قياسية ، ويجب ألا تزيد فترة الرحلة عن 1.5 ساعة، بحيث يتم التأكد من الهبوط المطلوب ووحدة وزن الخرسانة عند الوصول للموقع ، وفي حالة زيادة الزمن عن ذلك، فيجب عمل دراسة مسبقة بحيث لا تتأثر خواص الخرسانة. ومن مميزات هذه الطريقة صب الخرسانة في الأماكن المزدحمة حيث لا يتوفّر مكان لخلط الخرسانة ويعيب هذه الطريقة صعوبة التحكم في هبوط الخرسانة في حالة طول الرحلة.



عربة دواره

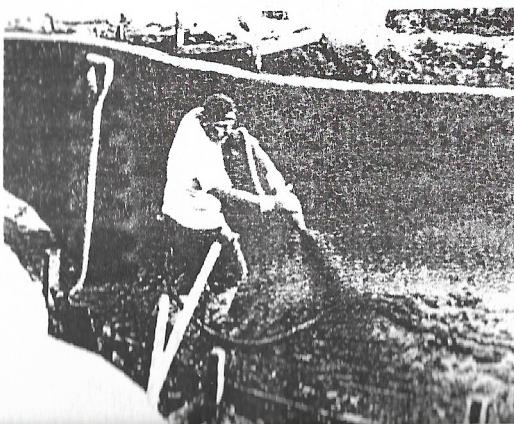


دللو

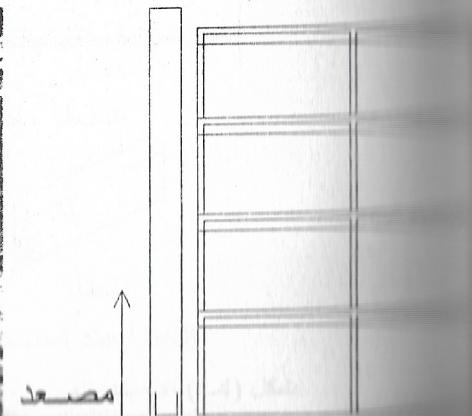


صورة للونش

شكل (3-4) أساليب نقل الخرسانة



مصد



5- الأوناش :Cranes
ويستخدم ونش واحد أو عدة أوناش في الموقع الواحد لنقل الشادات وصلب التسلیح والخرسانة وكل شيء داخل الموقع، وتتميز بقدرتها على الوصول لأماكن أفقية ورأسية دون إعاقة العمل، وفي حالة تعدد الأوناش، فيجب عمل تخطيط مسبق لكيفية عملها معاً بالموقع.

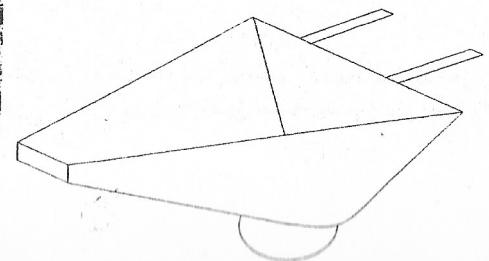
6- المصاعد :Lifts
وتستخدم لنقل الخرسانة رأسياً فقط، وهي غير مكلفة، ولكن أعلى السقف تحتاج لقليل من الخرسانة أفقياً.

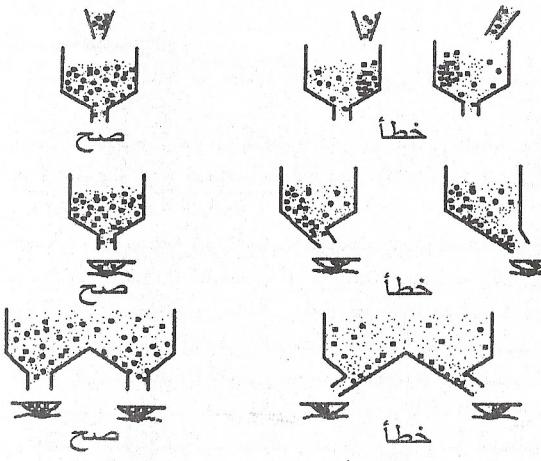
7- العربات الراجحة Jetting Lorries
حيث تنقل الخرسانة وتعرضها للرج الخفيف للحفاظ على قوامها.

8- قذف الخرسانة :Shot concrete
ويتم قذف الخرسانة تحت ضغط، ويستخدم فيها ركام لا يزيد ملمسه الاعتبارى الأكبر عن 10 مم، وتستخدم فى أعمال الترميم وصب الأجزاء ذات الأسماك الصغيرة، وتحتاج لعمال مدربة.

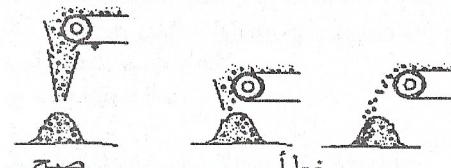
9- استخدام المواسير (المزراب):
تستخدم المواسير لنقل الخرسانة إلى الأساسات أسفل سطح الأرض، ويجب الحفاظ عليها من تعرضها للأنفصال.

10- السيور الناقلة:
وهي إما أن تكون مفردة أو متعددة، وقد تتعرض فيها الخرسانة للانفصال وقد الهبوط شكل رقم (3-4) يحتوى على تلخيص لأساليب نقل الخرسانة، وأثناء نقل الخرسانة من الخلطة ووضعها في العربات أو عند الصب في القوالب، يجب تلاشى حدوث انفصال إدامه للخرسانة. ويوضح الشكل (44) الأخطاء المحتملة أثناء عملية النقل والصب للعبوات والقوالب.

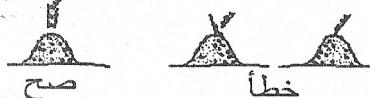




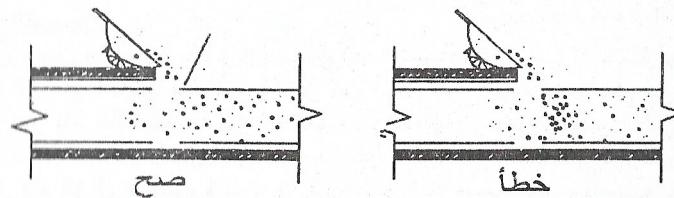
صح خطأ



الخطأ عند نهايةveyor



الخطأ عند نهاية المواسير

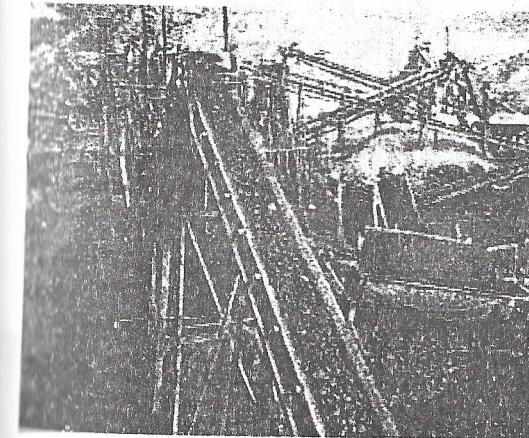


الخطأ عند النقل بالعربات اليدوية



الخطأ عند استخدام المواسير في الأسطح المائلة

شكل (4-4) الأخطاء المحتملة أثناء نقل الخرسانة وتصحيحها(مستمر)



السيور

منسوب التأسيس

النقل بالمواسير

شكل (3-4) (مستمر) أساليب نقل الخرسانة

3.3.4 صب الخرسانة:

1-3-3-4 صب المنشآت التقليدية:

يجب قبل صب الخرسانة التأكد من تفاصيل التسليح والأبعاد واستلام الشدات، ويوصى بما يلى أثناء الصب:

1. تصب الخرسانة للبلاطات واللبشة والكمارات على طبقات تدمك كل واحدة دعماً جيداً، ويفضل أن يتراوح سمك الطبقة بين 30سم في حالة الخرسانة المساحة و50سم في حالة الخرسانة العادية.

2. في حالة صب الخرسانة في أعمدة أو حوائط رأسية، فيجب الصب على عدة مستويات، حتى لا يحدث انفصال أو نزيف، بحيث يكون ارتفاع الصب الحر ينراوح بين 2.5-2.7 متر وفي حالة زيادة الارتفاع يمكن عمل فتحة صب جانبية في الشده وبعد صب المرحلة الأولى يتم غلق الفتحة ثم يتم صب المرحلة الثانية.

3. في حالة صب خرسانة حديثة على خرسانة قديمة، فيجب تشبع الخرسانة القديمة بالماء قبل الصب بـ 24 ساعة، على أن يكون ذلك السطح خشن أو يخشن ليبرر الزلط، ثم ينظف السطح بفرشة سلك، ثم يرش بموننة أسمنتية غنية، ويمكن دهان سطح الخرسانة القديمة بدون رشها بالماء، بمادة آليوكسية، أو مادة بولمرية تزيد من ترابط الخرسانة القديمة بالخرسانة الحديثة، وفي تلك الحالة يجب أن يكون سطح الخرسانة جاف. في حالة المنشآت الهيدروليكيه، يفضل أن تتم عملية التخشين بالسفع بتيار رمل تحت ضغط عالي.

4. شكل (5.4) يوضح كيفية الصب الصحيح.

2-3-3-4 صب الخرسانة تحت الماء وفي الأساسات العميقه:

هناك عدة طرق لصب الخرسانة تحت الماء وهي:

أ. طريقة Tremie.

ب. الدلو Bucket.

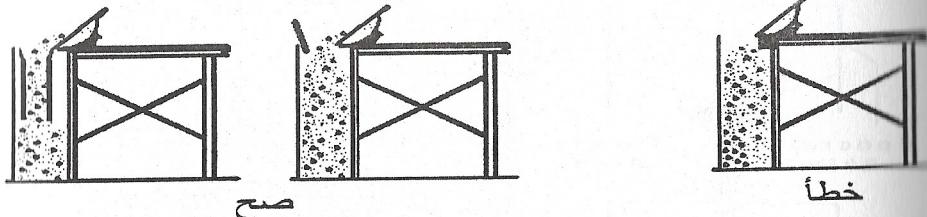
ج. حقن الركام.

د. الشكائر الخرسانية.

هـ. ضخ الخرسانة.

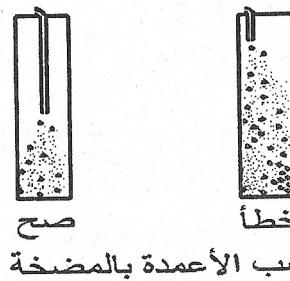
أ - طريقة الترميو:

وتكون من ماسورة يقطر 25سم أو 10 أضعاف المقاس الإعتباري الأكبر للركام و MASOUREA الترميو أعلىها قادوس، وتغلق من أسفل بلوح معدني، يتحكم في فتحة وغلقها كامل من داخله، أو يتم غلقه بقطعة من الخشب في أسفلها، وعند الوصول إلى العمق المطلوب تدفع الخرسانة السدادة لأسفل. في حالة ما تكون قوة دفع الماء الجوفي أكبر كثيراً من وزن الماسورة، يتم إزاله الماسورة مفتوحة قبل ضخ الخرسانة بها، ويوضع غلاف من الرباط إيتيلين أعلى الماسورة ليكون أسفل الخرسانة ليمנע اختلاط الخرسانة بالماء . وفي حالة تكون سرعة الماء أكبر من 30 سم / دقيقة ، يجب عمل سودود لتخفيض السرعة (شكل (6.4).

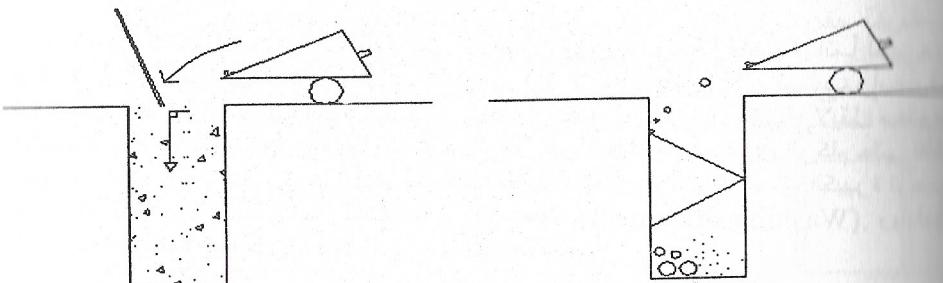


صب الأعمدة بالعربات

خطأ



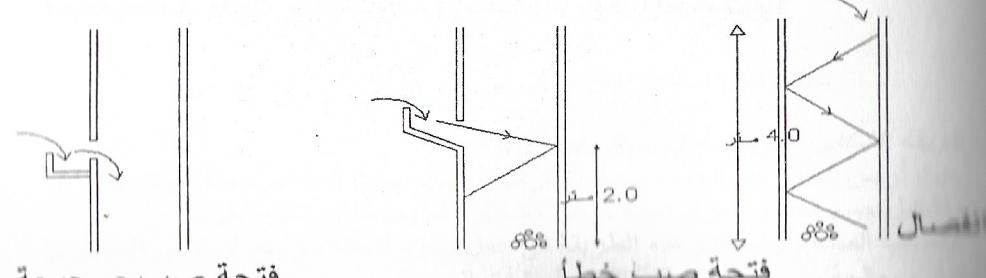
صب الأعمدة بالمضخة



خرسانة متجلسة

حذف انصال

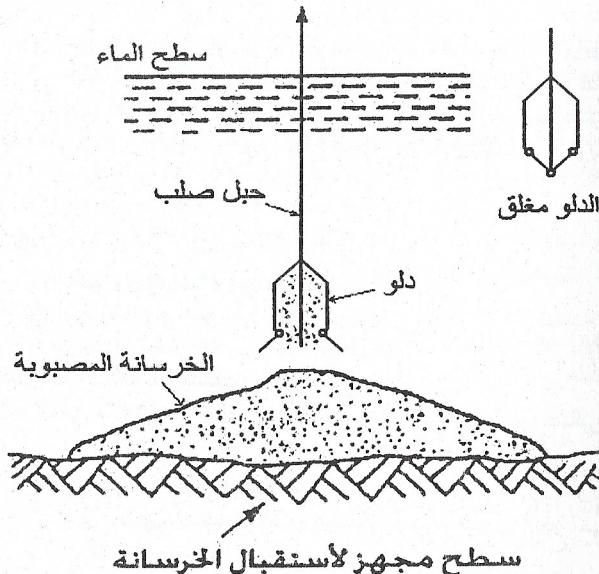
كيفية صب الكمارات



كيفية صب الأعمدة

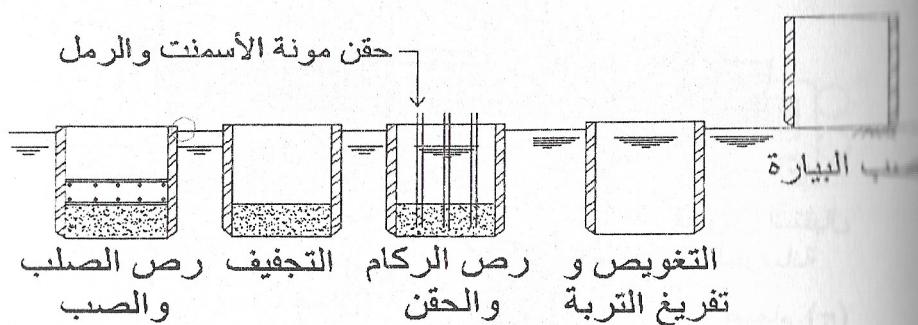
شكل (5.4) كيفية الصب الصحيح

فتحة صب صحيحة



شكل (7.4) طريقة الدلو

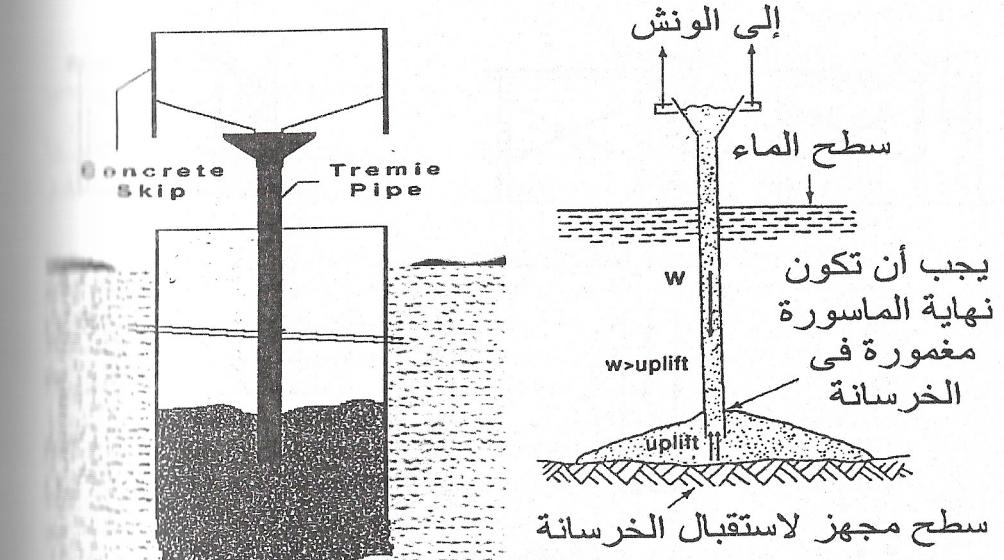
بـ - طريقة حقن الركام الكبير (Injection of Placed Aggregate): حيث يتم رص الركام الكبير، ثم تضخ المونة بواسطه مواسير مخصصة أو مضخات، ويتم إدخالها في ترميم الأعضاء التي يصعب الوصول إليها، وكذلك صب وتتفيد ببارات الصرف الصحي بالخطوات الموضحة بشكل رقم (8-4).



شكل (8-4) استخدام حقن الركام في تنفيذ ببارات الصرف الصحي

جـ - طريقة الشكائر الخرسانية (Concrete Sacs): حيث يتم رص شكائر من الجوت معبأة بالخرسانة بعانياة تحت الماء بواسطة غواصين، والتخليل جسم العضو المراد صبه برص الشكائر، ثم يحدث أن تشك الخرسانة، فتتصب الصلب العضو، وتستخدم هذه الطريقة في عمل سدود لتهيئة سرعة المياه في المجاري المائية، ومعالجة وترميم بعض التأكلات بالمنشآت البحرية.

دـ - صب الخرسانة بالمضخات (Placing by Pumping Method):



شكل (6-4) استخدام الترميو لصب الخرسانة

يتم صب الخرسانة داخل الترميو، على أن يكون وزن الخرسانة داخلها دائمًا أكبر من قوة دفع الماء. ويراغى عند نقل ماسورة الترميو أن لا تُنقل أفقياً، ولكن تسحب رأسياً، تنزل في المكان المناسب أثناء الصب، ويجب أن تكون الخرسانة غنية؛ لايقل محتوى الأسمنت عن $400 \text{ كجم}/\text{م}^3$ ، ولا يقل محتوى الرمل عن 50% من محتوى الرمل حتى لا تحدث الانفصال، وينصح باستخدام إضافات عالية التلدين، وفي الأعمق الكبيرة توصل مواد ناعمة (إضافات معدنية) لمنع غسل الأسمنت (Washing of cement)، وباطلاق ذلك أيضًا في حالة ما تكون هناك أمواج أو سرعة بالماء.

بـ - طريقة الدلو (Bucket):

وهو عبارة عن دلو مفتوح من أعلى ذى بوابة من أسفل، حيث يتم ملء الدلو بالخرسانة وتغطيته، ثم إنزاله إلى المكان المطلوب، ثم تفتح البوابة السفلية، فتصب الخرسانة (شكل 7.4)، ويُفضل لا يقل الهبوط عن 10 سم، ولا يقل محتوى الأسمنت عن $400 \text{ كجم}/\text{م}^3$ ويزداد محتوى الرمل، ويُفضل دائمًا أن يتم الصب بالدلو داخل ماسورة.

* لطريه العمل:

ينقسم عمل المضخة إلى مشوارين: المشوار الأول، هو مشوار الشحن، وفيه يتحرك المكبس (أ) إلى الخارج، وبالتالي يفتح الصمام (ب)، فيسمح بنزول شحنة من الخرسانة للاسطوانة، في حين سيكون الصمام (ج) غالقاً للاسطوانة، والمشوار الثاني، هو عكس المشوار الأول، حيث يتحرك صمام المكبس (أ) للداخل، وبالتالي يغلق الصمام (ب)، وبلي ذلك فتح المكبس (ج)، فتندفع الخرسانة في المواسير. عموماً تتغير سعة القادوس من 0.10 إلى 1.5 m^3 ، غالباً ما يكون مزود بأجهزة إعادة ضغط، لكي يحافظ على قوام وتجانس الخلطة.

* المضخات الهوائية :*Pneumatic Pump*

ويكون هذا النوع من المضخات من الأجزاء الرئيسية الآتية، كما هو مبين بشكل (10-4).

1- خزان هواء.

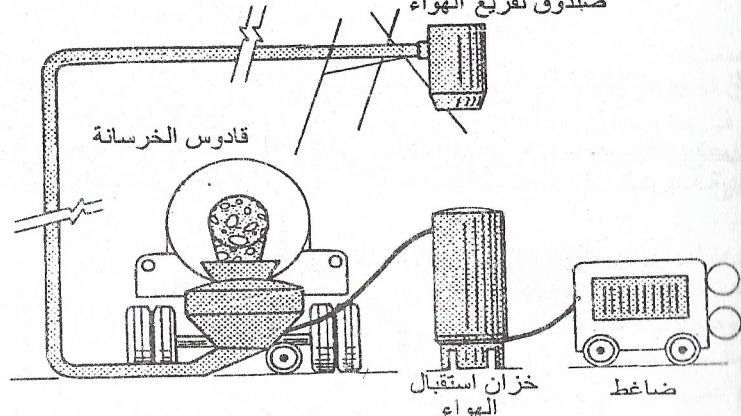
2- ضاغط للهواء.

3- مستقبل الخرسانة من الخلطة.

4- المواسير الناقلة.

5- خزان تصريف الهواء.

صندوق تفريغ الهواء



شكل (10-4) المضخة الهوائية

* لطريه العمل:

يتم شحن مستقبل الخرسانة، ثم يتم تشغيل ضاغط الهواء ليولد ضغط على الهواء في الغاز، فيندفع الهواء بقوة إلى مستقبل الخرسانة، حيث يدفعها في المواسير، وعند النهاية ينبع في خزان لتصريف الهواء الموجود بالخلطة، ثم تندفع الخرسانة لمكان الصب، واستخدام تلك المضخات لنقل الخرسانة لمسافات طويلة، وتستخدم بدون خزان تصريف الهواء في أعمال الترميم.

* مضخات الضغط والنفع :*Squeeze Pressure Pump*

وهي واضحة من الشكل (11-4) تكون المضخة عموماً من:

1- قادوس لتجمیع الخرسانة.

وهي عبارة عن ضخ الخرسانة بعد صبها في مواسير مرنة أو جستة (Rigid) إلى أماكن الصب في قوالب. وتعتبر هذه الطريقة من الطرق التي تحقق إنتاجية صب عالية، وهي تُستخدم في أغلب الإنشاءات، ولو أنها تُفضل في الواقع الغير متوفّر فيها معدات تشيد. ولا تُفضل في الأماكن المرتفعة جداً لغلو ثمن المواسير وارتفاع قيمة الطاقة المبذولة، وبالتالي تؤثّر على اقتصاديّات المشروع.

* أنواع المضخات:

1- المضخات ذات المكبس (Piston Pumps):

وهي تختلف من منتج إلى آخر، وعموماً فإنها تتكون من الأجزاء الرئيسية التالية:

1- قادوس يستقبل الخرسانة الطازجة من الخلطة.

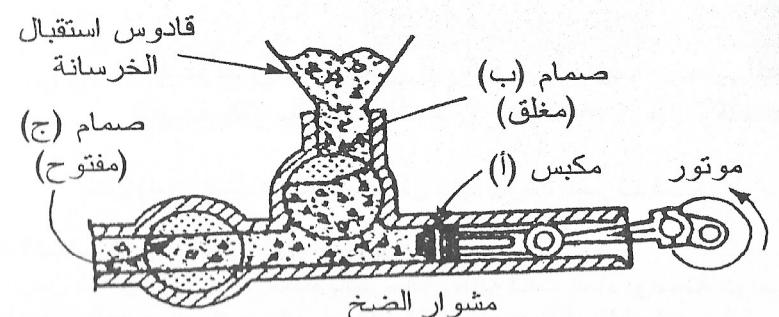
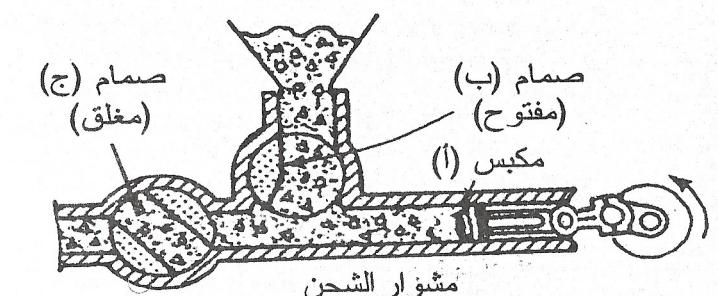
2- اسطوانة تستقبل الخرسانة من القادوس.

هذه الاسطوانة تلقى بالقادوس على هيئة حرف T مقلوب، وبالتالي يكون لها ثلاثة فتحات:

- الفتحة الأولى: يعمل عليها مكبس (أ) متصل بموتور يعمل بالديزل أو بالكهرباء.

- الفتحة الثانية: يعمل عليها صمام (ب) يتحكم في دخول الخرسانة من القادوس للاسطوانة.

- الفتحة الثالثة: فيعمل عليها صمام (ج) يسمح بخروج الخرسانة من المضخة إلى المواسير وليس العكس (شكل 9-4).



شكل (9-4)المضخة ذات المكبس

3- مواسير مرنة من المطاط المقوى أو من وصلات من المواسير الجستة.

* خواص الخرسانة والمواد المستخدمة في المضخات:

١- الركام:
عموماً فإن الركام الدائري يفضل عن الركام الزاوي، ولو أن كلاً منها يستخدم. وكذلك فإن الزلط والركام الصخري الغير قابل لامتصاص المياه تكون له الأولوية في الاستخدام. وعموماً فإنه للركام الزاوي المستخدم في المضخات، يجب لا يزيد مقاسه الاعتيادي الأكبر عن ثلث القطر الداخلي للماوسير حاملة الخرسانة أو ماوسير الضخ أيهما أقل، في حين يصل هذا المقاس إلى 40% من القطر الداخلي في حالة الركام الدائري.

وأيضاً فإن الركام الملمس يكون أكثر تفضيلاً عن الركام الخشن. ومن المناسب أن تتبع نسبة الركام الكبير نسبة معينة حيث أن زيادته قد تسبب مشاكل كثيرة في الموقع، لذلك فإن مصمم الخلطة الخرسانية عليه أن يقلل محتوى الركام الكبير قليلاً عن الخلطة المستخدمة في طرق الصب العادي.

أما الرمل فهو يلعب دوراً أكثر أهمية حيث أنه مع الأسمنت والماء يمثل المونة الحاملة للركام الكبير. والرمل المستخدم في المضخات تتراوح معاير نعومته بين 2.13 و 3.37، ولو أن القيم العالية منه غير مفضلة؛ حيث أن الرمل الناعم يكون أكثر كفاءة؛ لمقاومته الجيدة للانفصال، وبالتالي يساعد على كفاءة الضخ، ولذلك نرى أنه يفضل استخدام رمل معاير نعومته بين 2.30 و 2.60.

٢- الأسمنت:

يفضل استخدام الأسمنت البورتلاندي العادي، وقد يمنع استخدام الأسمنت سريع التصلد، وخاصة في حالة المسارات الطويلة التي قد تؤدي إلى مشاكل كثيرة.
أما محتوى الأسمنت فيتحكم فيه احتياجات كلاً من درجة التشغيلية ومقاومة الضغط المطلوبتان.

٣- محتوى الماء (Water Content):

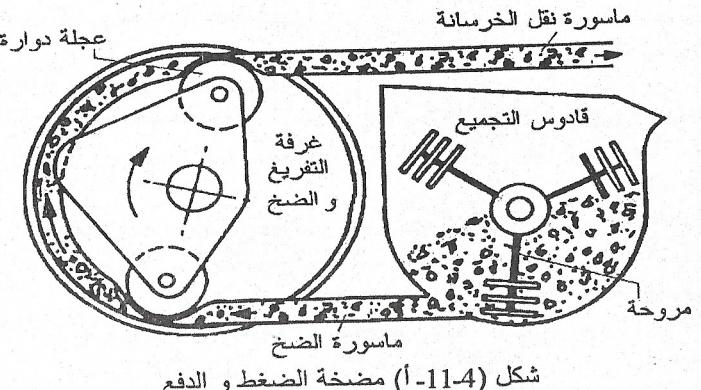
من أهم متطلبات الخرسانة المستخدمة في المضخات هو أن تكون قادرة على الضخ بدون حدوث إدماء أو انفصال في مكوناتها، وفي حالة غياب الإضافات، فإن الماء يلعب دوراً هاماً جداً، ويجب على المهندس في الموقع لا يلجأ لزيادة العشوائية في الماء أبداً في الحصول على خرسانة سهلة الضخ؛ فإنه يؤدي إلى مشاكل وخيمة.

قد يحدث تزيف؛ مما يؤدي إلى نقص في المقاومة المتوقعة، وقد يحدث في حالة زيادة كمية المياه أن يسير الماء حاملاً أغلب حبيبات الأسمنت بسرعة ويترك الركام راقداً في الموسير، ومع مرور الوقت يحدث تراكم الركام؛ مما يؤدي إلى انسداد الموسير، وفي هذه الحالة، يرجع القائمون بالعمل هذه المشاكل إلى نظام المضخات، في حين أنه يعود لقلة المعلومات والخبرة، انظر شكل (12-4).

٤- ماسورة ضخ مرنة تتصل من جهة بقادوس التجميع المزود بمراوح لدفع الخرسانة، ومن جهة أخرى تتصل بمحاذة الخرسانة.

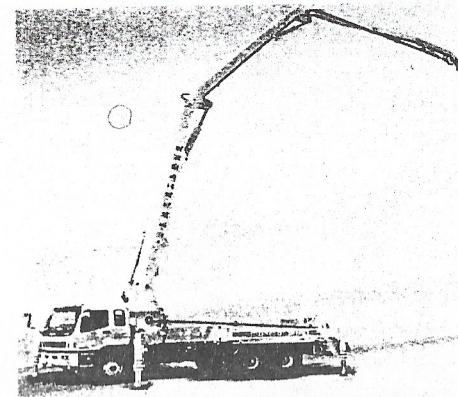
٥- وحدة الدفع؛ وهي مزودة بمحاذتين دوارتين (أ، ب) تحدث اختناق في ماوسير الضخ، ثم تدفع الخرسانة إلى أعلى وإلى الأمام، وجدير بالذكر أنها مزودة كذلك بغرفة لتفرغ الهواء أمام دفع الخرسانة، مما يساعد على سهولة انساب الخرسانة.

٦- ماوسير نقل الخرسانة؛ وهي إما مرنة أو جسمة.



شكل (11-4) مضخة الضغط و الدفع

وهذه المضخات قوية لأن بها عدة وسائل لشحن الخرسانة بالطاقة؛ مثل المراوح ووحدات الدفع وعملية تفريغ الهواء.
ومن المهم التنويه إلى أن مضخات نقل الخرسانة اليوم عبارة عن مضخات متحركة لأنها تركب على سيارة والماوسير عبارة عن وصلات مفصولة تستخدم لنقل الخرسانة، كما هو موضح بشكل (11-4-ب).



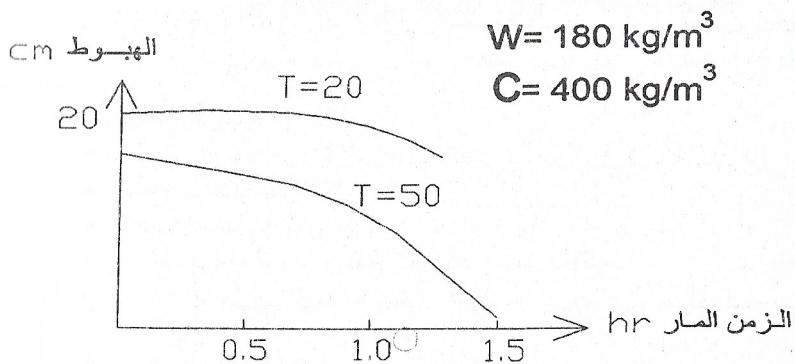
شكل (11-4-ب) مضخة متحركة

وفي المنشآت العالية كنطاحات السحاب يتم دفع الخرسانة بواسطة المضخة لمنسوب معين في المبني، وعند ذلك المنسوب يتم خلط خرسانة جديدة يتم دفعها لباقي الطوابق بمضخة مثبتة عند هذا المنسوب.

- قبل بدء ضخ الخرسانة يجب تشغيل جميع الوحدات أولاً، والتأكد من صلاحيتها، ثم يلى ذلك ضخ مونة أسمنت فى مواسير نقل الخرسانة؛ حتى تبطن بلباني الأسمنت الذى يقلل من الاحتكاك.
- يفضل بعد فترة تشغيل أن يضبط معدل صب ثابت، وغير مسموح باليقاف عملية الضخ.
- فى حالة انسداد إحدى وصلات المواسير، فيتم إدخال قضيب من الصلب، وإلا فقد يُلْجأ لضخ تيار من الماء أو الهواء.
- يتم غسيل المضخة والمواسير عند نهاية العمل

4.3.1) صب الخرسانة في الأجواء الحارة (Hot Weather Concreting):
في الأجواء الحارة حيث ترتفع الحرارة وتقل درجة الرطوبة وتزداد سرعة الرياح، تتأثر خواص الخرسانة في مراحلها الثلاثة، ويجب على المهندس التحكم في صب الخرسانة؛ حتى لا يتأثر الناتج النهائي على الخرسانة.

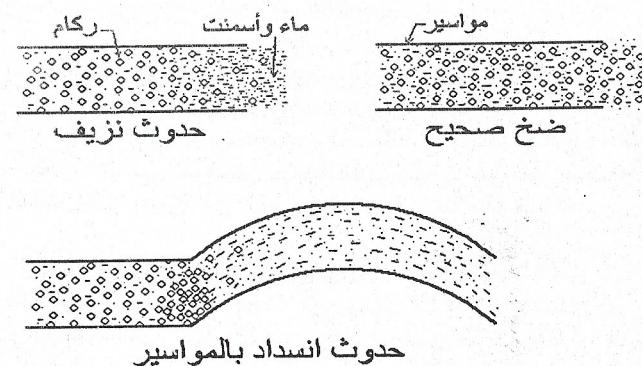
- تأثير الجو الحار على خواص الخرسانة الطازجة:
إن الخرسانة يقل هبوطها اللحظي ويزداد فقد الهبوط مع الزمن، كما بالشكل (13-4)، ويلاحظ أن متطلبات ماء الخلط تزيد في الجو الحار.



شكل (13-4) شكل تخطيطي يوضح تأثير الجو الحار على فقد الهبوط مع الزمن

- تأثير الجو الحار على الخرسانة الخضراء:
إذا تركت الخرسانة في الجو الحار بعد صبها دون معالجة، فتجف الخرسانة وتتعرض لأنكمash مبكر؛ يؤدي إلى ظهور شروخ بها تقلل من تحمليتها.

- تأثير الجو الحار على خواص الخرسانة المتصلة:
يؤدي الجو الحار لزيادة مقاومة الخرسانة المبكرة؛ نظراً لزيادة معدلات التفاعل بين الأسمنت والماء، أما مقاومة الضغط عند 28 يوم و 90 يوم في حالة إهمالأخذ الاحتياطات كافية، فإنها تقل مع زيادة درجة الحرارة، وهذا النقصان يكون أكبر من 20% بالمقارنة بالأجواء العادية، وربما يعود ذلك إلى عدم انتظام تكون جل الأسمنت المتكون مبكراً نتيجة الجو الحار والتآثيرات السلبية على خواص الخرسانة الطازجة، انظر شكل رقم (144).



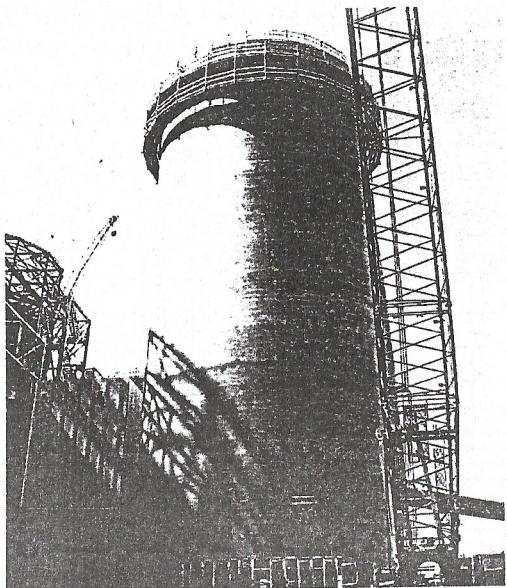
شكل (12-4) الضخ الصحيح وعيوب الضخ

د - الإضافات (Admixtures):
أحياناً يكون من الضروري إضافة بعض المواد إلى الخرسانة، وذلك لأداء غرض معين، ومن هذه المواد:

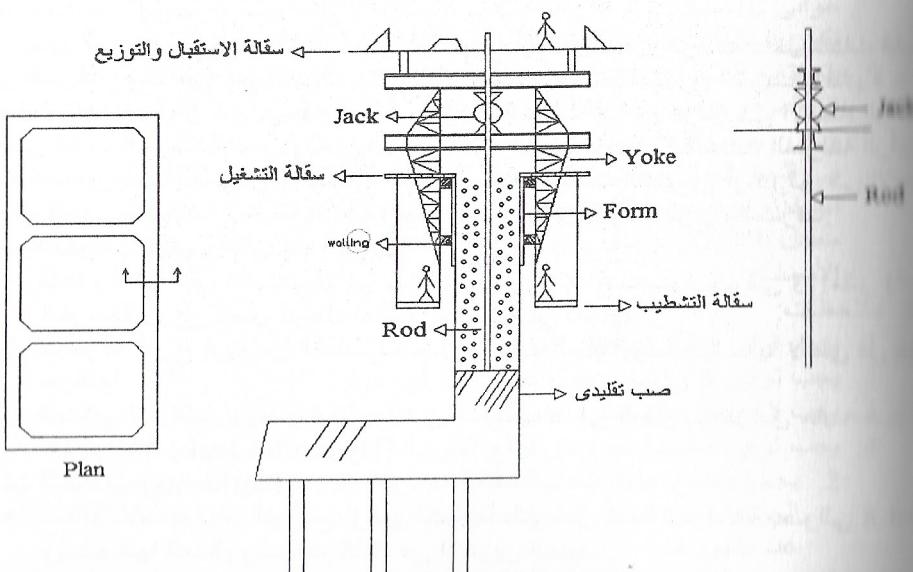
- المواد المذلة Plasticizer
- المواد المذلة المؤجلة Super-plasticizer
- المواد المسبيبة للهواء المحبوس.

و هذه المواد كلها تسبب تحسن في درجة التشغيلية، ومنها من يؤجل شك الخرسانة ويلت من فقد التشغيلية مع الزمن وقد تستخدم الإضافات المعدنية لتقليل النزيف والانفصال.
ويلاحظ أن المواد المذلة والعالية التدرين والمواد المسبيبة للهواء المحبوس تميز بحفظ التجانس للخلطة وتقلل من ظاهرة انفصال أو نزيف الخرسانة.
ومن المفضل أن نشير إلى أهمية استخدام المواد المؤجلة في حالة طول خط المواسير أو زيادة ارتفاع المنشآت، ومن الأمور الهامة للمهندس الاستشاري لا يأخذ عينات الخرسانة (المكعبات والإسطوانات) من الخلطة؛ بل تؤخذ عند نهاية خط المواسير (مكان الصب) حيث أنه سيمثل الخرسانة في آخر مراحلها، ومن الضروري كذلك في حالة ملاحظة النزيف أو الانفصال بالعين أن يتخد القرار المناسب.

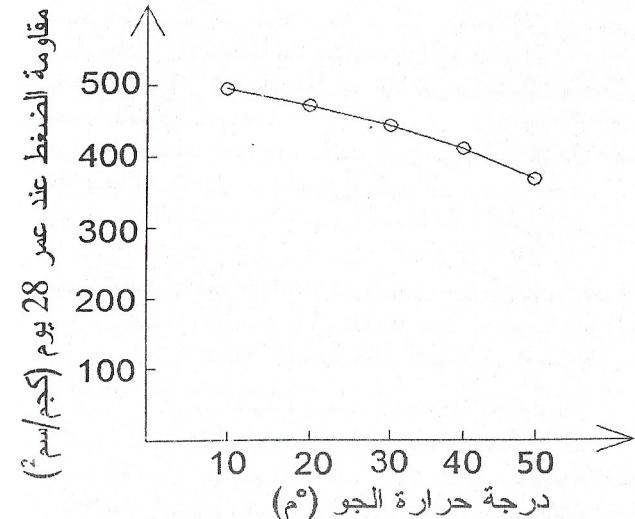
- توصيات عامة (General Recommendation):
1- يجب ألا يكون تخطيط الموقع العام لوحدات الضخ عشوائياً، بل يجب عمل تصميم مسيقى، بحيث يقلل من فواد الطاقة ويفقل الزمن.
- مسار خط المواسير يفضل أن يكون المسار الذي به أقل انحناءات.
- يجب أن يكون هناك وحدات إضافية جاهزة لتعويض أي جزء قد يصبه العطل، سواء للخلاطة أو للمضخة.
- في حالة ضخ الخرسانة في مرتفعات، فيجب تزويد المواسير بالقرب من المضخة بضمام يمنع رجوع الخرسانة في الطريق العكسي، أما في حالة طبيعية الخرسانة لأسفل لأطماق 15 متر أو يزيد فيجب وضع صمام لتصريف الهواء المتبقي، ولا بد من حدوث تفريغ في ملتصق مواسير نقل الخرسانة.



شكل رقم (4-15-أ) مثال لأحد المنشآت المستخدم فيها الشد المترافقه



شكل (4-15-ب) مسقط أفقى لصومعة وقطاع رأسى موضح عليه تركيب الشد المترافقه



شكل (4-14) تأثير درجة الحرارة المحيطة على مقاومة ضغط الخرسانة

* الاحتياطات:

يجب على المهندس أن يراعى ما يلى:

- لاتزيد درجة حرارة الخرسانة الطازجة عن 35 درجة مئوية.
- عمل مظلات للركام.
- دهان المعدات بلون أبيض.
- استخدام ماء مبرد أو ثلج كجزء من ماء الخلط.
- الاهتمام بفرش الواح بلاستيك (بولي إثيلين) على سطح الخرسانة بعد الخلط مباشرة.
- الإسراع بالمعالجة.
- إضافة ألياف في القطاعات الغير مسلحة لتحمل إجهادات الشد الناشئة عن الانكماس، وتُستخدم ألياف البولي بروبيلين بكفاءة في تلك الحالة، وقد تم استخدامها في تبطين الترع بمشروع توشكى بكفاءة.

٤-٣-٥ صب الخرسانة بالشدات المترافقه:

شكل رقم (4-15-أ) يوضح أحد المنشآت (صومعة) التي يستخدم فيها الشدة المترافقه.

المضخة الهيدروليكيّة: وهي مضخة مزودة بمجموعة مكابس وترتكز على قضيب الارتكاز وهي مزودة بقمعة علوية وقمعة سفلية، والقمعة السفلية تمكّن في مجموعة الأذرع ومما هو جدير بالذكر أن مجموعة الأذرع تكون في أسفلها ممسكة بكمرين على هيئة حرف C، ويمكن تلخيص عمل المضخة الهيدروليكيّة فيما يلي:

1. تمكّن القمعة العلوية للمضخة بقضيب الارتكاز.
2. تكون القمعة السفلية حرة ونتيجة لتشغيل ضغط الزيت تتفزّع وتتحرّك لأعلى حاملة معها الأذرع وشدة الخرسانة والسلالات.
3. تتعكس دورة الزيت فتمكّن القمعة السفلية بالقضيب ومعها مكونات الشدة المنزلقة وتتحرّك القمعة العلوية من القضيب لتتفزّع لأعلى مع ضغط الزيت.
4. تتكرّر الدورة السابقة عدة مرات فتنزلق المضخة بسرعة متوسطة (3 سم/ساعة) وهكذا تتحرّك المضخة لأعلى أثناء صب الخرسانة لترك الخرسانة بعد حوالي 4.5 ساعة بعد شكلها الابتدائي ودخولها مرحلة التشك النهائى.

طريقة التشبيث:

1. يتم صب الأساسات بالطريقة التقليدية.
2. يتم صب جزء من الحوائط بالطريقة التقليدية.
3. يتم رص الشدة كما هو مبين في شكلي (15-4-ب) و(16-4)، وكما هو موضح بالأشكال يتضح أن كل خلية (Silo) تحتاج لعدة مضخات وعدة قضبان كما أن المضخات الصغيرة المرتكزة على القضبان تتصل بخراطيم بمضخة مركزية توضع أعلى شدة الاستقبال للتحكم في ضخ الزيت في المضخات المختلفة لكي تتحرّك كلها بسرعة واحدة حاملة معها الشدات والسلالات.
4. يتم صب الخرسانة في الشدة ل الكامل المقطع الأفقي على هيئة طبقات سمك الطبقة حوالي 10 سم ويتم تشغيل المضخات لتحرك الشدات وبعد فترة حوالي 4.5 ساعة تكون الخرسانة مكشوفة في الهواء بعد شكلها.

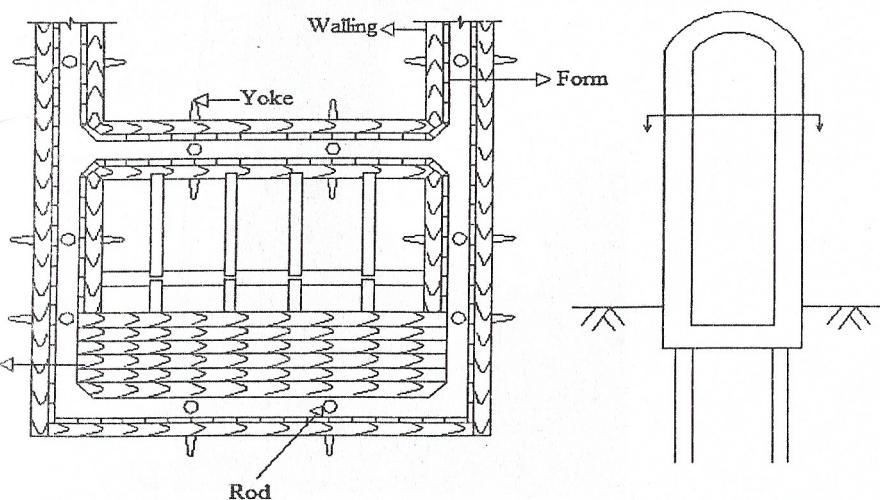
5. يتم تتبع الصب والانزلاق من بداية المنشأ إلى نهايته حيث يتم العمل 24 ساعة في الموقع وبأخذ معدل انزلاق 30 سم/ساعة فإنه يتم صب حوالي 7 متر في اليوم، ويكون صب المنشأ متكملاً مرة واحدة بدون فواصل.

6. في الجو الحار يجب زيادة معدل الصب لتصل إلى حوالي 60 سم/ساعة مع استخدام مواد مؤجلة لشك الأسمنت إن تطلب الأمر، وفي الجو البارد يتم إبطاء معدل الانزلاق ليصل إلى حوالي 20 سم/ساعة مع استخدام مواد معجلة لشك الأسمنت.

ملاحظات:

1. يجب توفير إنارة قوية في الموقع.
2. يجب توفير 3 ورديات عمل على الأقل في اليوم.
3. يجب الحرص على صب الخرسانة على هيئة طبقات سمكها صغير حتى تشك معاً.
4. يجب توفير مضخة مع ونش لرفع الخرسانة وصلب التسليح والعملة لأعلى.
2. يجب وضع علبة معدنية مغلقة مدهونة بالزيت من الخارج في داخل شدة الخرسانة في أماكن الفتحات المطلوبة في المنشأ ويستخرجها عمال التشطيب عند ظهورها.
3. يجب التأكد من أفقية سقالة التشغيل باستخدام الموازين والأجهزة المساحية والتأكد من رأسية المنشأ باستخدام الأجهزة المساحية وتعليق اثنين بحبال من السلالات لمرأقتها للحكم على رأسية شدة الخرسانة.

شكل رقم (15-4-ب) يوضح قطاع رأسى فى الشدة المنزلقة لأحد حوائط صومعه وتفصيل لقضيب الارتكاز والمضخة .



شكل رقم (164) يوضح مسقط أفقى لترتيب أجزاء الشدة المنزلقة.

• مقدمة:

صب الخرسانة بإسلوب الشدات المنزلقة هو عبارة عن صب خرسانة داخل شدات على الحركة وبعد فترة معينة تترك الخرسانة بعد شكلها وبحيث تكون الخرسانة قادرة تحمل وزنها وتكون في مرحلة التصلب. وهذه الشدات إما أن تنزلق في الاتجاه الرأسي فتعطى امتداد لخرسانة المصبوبة في هذا الاتجاه وتسمى عند ذلك بالشدات المنزلقة الرأسي وتسخدم في صب الصوامع وقلوب المنشآت العالية وبغلات الكبارى، أو تنزلق في الاتجاه الأفقي فتسمى بالشدات المنزلقة الأفقيّة وتسخدم في تطمين قتوات الرى والصرف.

• المكونات الرئيسية للشدات المنزلقة:

1. شدة رأسية من الخشب أو أي مادة أخرى بارتفاع محدود حوالي 1.3 متر (4.3 متر) وهي تعمل كوعاء لصب الخرسانة في داخلها.
2. مجموعة أذرع قوية من الصلب تحتضن الشدات السابقة وتسحبها معها لأعلى في حركتها.
3. قضيب الارتكاز: وهو قضيب من الصلب عالي المقاومة تنزلق عليه مفعمة هيدروليكيّة (Hydraulic Jack).
4. السقالات (Platforms): سقالة الاستقبال والتوزيع: وهي تكون أعلى من شدة الخرسانة بحوالي 1.8 متر ويستخدمها العمال وتسخدم كذلك في التشوين الخفيف.
- سقالة التسليح: وهي ترتكز على شدة الخرسانة وترص حولها، ويستخدمها العمال في رص الصلب ويستخدمها عمال الصب في صب الخرسانة.
- سقالة التشطيب: وهي تعلق أسفل شدة الخرسانة ويستخدمها العمال في معالجة الخرسانة وكذلك في تشطيب أي عيوب في الخرسانة.

دُمَكُ الْخَرْسَانَةِ:

لذلك ينصح به محاولة الحصول على أعلى كثافة للخرسانة، عن طريق نقل طاقة خارجية
من الطازجة، مما يسهل تحركها لملء الفراغات، ويتم الدمج إما:

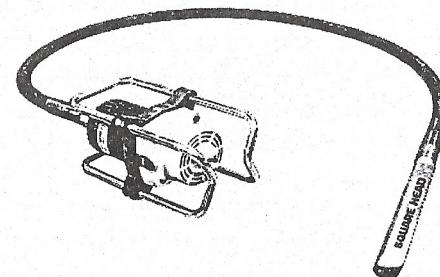
- 1- يدوى. للحرساه ذات التشغيلية العالية.
 2- ميكانيكي: باستخدام هزازات داخلية (ذات زمرة) أو هزازات خارجية تقوم بدمك العضو الخرساني.

يجب أن تتم عملية الدمك بطريقة صحيحة بحيث لا يحدث تزيف للخرسانة.
يجب أن يكون قطر الزمرة مناسب للمسافة الخالصة بين حديد التسلیح، ويجب الدمك على
ات في الاتجاه الطولى بحيث تكون المسافة بين كل خطوة لا تزيد عن مرة و نصف قطر
الهزار، كما يجب الدمك على طبقات الصب بحيث لا تشک الطبقة السفلية قبل دمك الطبقة
العلوية، حيث يجب أن يخترقها الهزار.

- ١- زيادة وحدة وزن الخرسانة وإقلال الفراغات.
 - ٢- السماح بتخفيض محتوى الماء المستخدم، وبالتالي رفع المقاومات للخرسانة.
 - ٣- السماح بتخفيض محتوى الرمل، وما يتبعه من تحسن في مقاومة ضغط الخرسانة.

٤- في حالة وجود هزازات قوية، فإن تخفيض ماء الخلط يسمح بتوفير الأسمنت لتنسق مقاومة الضغط.

وشكل (١٨-٤) يوضح صورة لأحد الهزازات الداخلية ويجب أن توقف عملية الدمك بعد ظهور حبيبات ماء الخلط على سطح الخرسانة. ويجب إيقاف الدمك عندما تظهر حبيبات الماء على السطح العلوي.



شكل (4-18) صورة لأحد الهزازات الداخلية

فوائل الصب:

والمقصود بها الأماكن التي سيتم إيقاف الصب عندها بعد انتهاء يوم العمل، أو إذا كان هناك احتمال لانتهاء مادة من مكونات الخرسانة. يقوم المهندس بحساب معدلات الصب اليومية، وبناءً عليها يحدد مسبقاً أماكن فواصل الصب، ويُفضل دائماً أن تكون في الأماكن بها أقل قوى قص وبالقرب من نقاط انتقال العزوم، ويُفضل دائماً أن يقوم المهندس بوضع أجزاء صغيرة من أسياخ التسلیح في الخرسانة لتحمل كوصلات قص (Shear Connector)، انظر شكل رقم (4-19).

انظر شكل رقم (4-19)، Connector.

4. في حالة الرغبة في سحب قضيب الارتكاز من الخرسانة بعد انتهاء التشغيل، والذى يورد على هيئة وصلات يتم تركيبها بقلawoofظ، يقوم المهندس بوضع ماسورة من الـPVC قطرها الداخلى أكبر من قطر القضيب بملليمترات.

5. يجب وجود معدات احتياطية أثناء التنفيذ.

6. يجب على المهندس التخطيط الجيد لكيفية فك الشدة عند نهاية التنفيذ وكذا

12- هذه المرة تفاصيل تفصيلية لـ الشكلة الأولى
صب الصومعة إن وجد.

٤-٣-٣-٦ صب الخرسانة بالشدة النقطية وبهاك، الصلب الكبيرة:

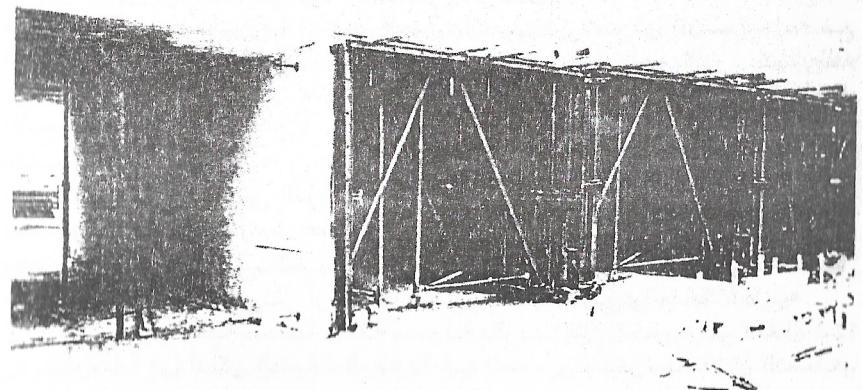
و فكرة هذه الشدات هو عمل شدات من أخشاب الأبلاكاج أو الصلب تغطى باكية كاملة لحاطن مسلح أو بلاطات على هيئة بواكى ولذلك تستخدم هذه الشدات في المبني المتكرر وحالياً على مستوى العالم يتم استخدام شدات نصف نفقية (تغطي شدة الحاطن ونصف البلاط وهي على هيئة حرف L مقلوب) وتستخدم كذلك الشدات النفقية (تغطي شدة البلاطة والحاصلين لها و هي على هيئة حرف C مقلوب).
يتم رص الشدات للطابق الواحد سواءً أكانت شدة حاطن أو شدة بلاطة أو شدة نصف نفقية شدة زفقة

يتم رص صلب التسلیح للحوائط والبلاطات والذى يكون على هيئة شبک ملhom لاسما فی اتجاهین متعامدين.

يتم صب الخرسانة وعينات على هيئة مكعبات في الشدات السابقة ويتم تعجيل شك الخرسانة بإضافة مواد معجلة للخرسانة أو إمداد تيار ماء ساخن في مواسير تحيط بالشدات.

يتم فك الشدات بطرق خاصة بعد مرور 24 ساعة من صب الخرسانة (يتم اختبار العينة الموضووعة مع السقف للتأكد من تحقيق الخرسانة للمقاومة المطلوبة لفك الشدات).

يتم نقل النساء بونس الطابق الجديد حيث يتم صب سقف كل 24 ساعة أو 48 ساعة الأكثر وشكل (17-4) يوضح صورة لأحد هذه الأنظمة.

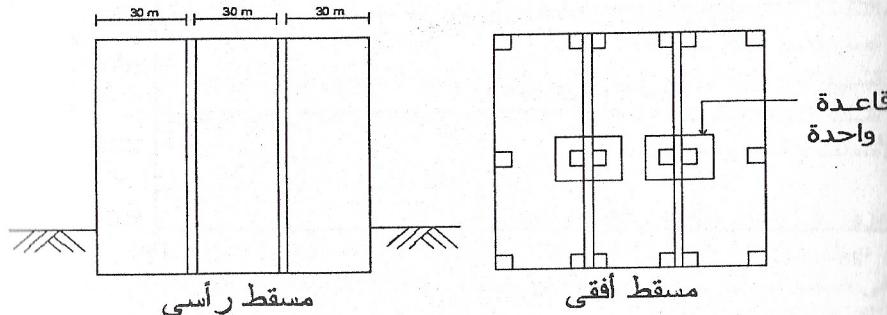


شكل (17-4)

وسيتم مناقشة هذا الأسلوب بالتفصيل في المطبعات اللاحقة.

ويجب على المهندس إغلاق الفاصل من أعلى المبنى بحيث لا تتسرب مياه الأمطار إلى داخل المبنى.

يجب على المهندس الاهتمام جداً بفواصل التمدد للكباري، والحرص على اختيار أفضل المواد لملء تلك الفواصل، وعمل صيانة دائمة لها، وأى تلف في تلك الفواصل يعرض المنشآت لتسرُّب ماء المطر، مما ينشر الرطوبة في المبنى ويعجل معدلات صدأ صلب تسليح المبني، وشكل (20-4) يوضح ما يتعلق بفواصل التمدد.



شكل (20-4) شكل تخطيطي يوضح فواصل التمدد

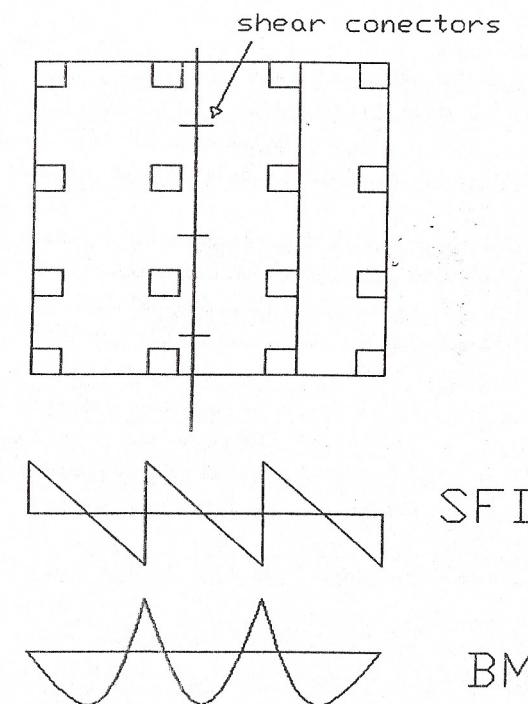
مرحلة الخرسانة الخضراء والمتصلة:
وتشمل عملية المعالجة وإزالة الفرم ومعالجة عيوب الصب.

المعالجة:

بعد صب الخرسانة، تبدأ الخرسانة في الشك والتصمد، وتبدأ في فقد الماء الداخلي نتيجة العوامل الجوية من ارتفاع درجة الحرارة ونقص في الرطوبة والرياح. ولتنقيل وتأخير حدوث الانكماش وبالتالي منع وإقلال شروخ الانكماش وتعويض الماء اللازم لتفاعل الأسمنت لتحسين مقاومة، يجب معالجة الخرسانة وتقى معالجة الخرسانة عن طريق:

- رش الخرسانة بالماء.
- التغطية بالخيش أو الرمل المبلل.
- دهان الخرسانة بمادة عازلة، ويجب أن تتحقق تلك المادة اشتراطات المواصفات القياسية لمنع تبخر المياه.
- المعالجة بالبخار؛ ويستخدم في مصانع الخرسانة سابقة التجهيز.

يوضح شكل (21-4) تأثير المعالجة على مقاومة الخرسانة.



شكل (19-4) شكل تخطيطي يوضح أماكن فواصل الصب

4-3-6 فواصل التمدد والانكماش:

يجب على المهندس أن يسمح للمنشأ بالتمدد والانكماش نتيجة العوامل الجوية، وإلا تتولد إجهادات يجب عليه أن يدخلها في التصميم الإنساني، ويطلب الكود المصري للمنشآت الخرسانية أن يترك فاصل تمدد في الأجزاء الحارقة كل مسافة لا تزيد عن 30 - 35 متر، ولا تزيد عن 40 - 45 متر في الأجزاء المعتدلة.

وتتمثل الأسوار حالة خاصة، حيث مفضل أن لا تزيد المسافة عن 20 متر، ويجب على المهندس عمل فصل في الأعمدة والكمارات، ولا يفضل عمل فصل في القواعد؛ حيث تكون هناك قاعدة واحدة لعمودين، ويجب وضع مادة في الفاصل، ويجب أن تكون هذه المادة تتميز بالمرنة العالية لتحمل دورات التمدد والانكماش.

ويجب اختبار تلك المواد بحيث تكون قابلة على تحقيق انضغاط مرن معين قياسي من سmekها، ثم تكون قادرة على استرجاع الانضغاط بعد زوال الحمل من عليها، وتحسب المسافة بين فواصل التمدد Δt كما يلى:

$$\Delta t = F \Delta l$$

$$\Delta l = \alpha l_0 \cdot \Delta t$$

Δl الاستطالة الناتجة من التمدد.

α معامل التمدد الحراري.

l_0 طول الجزء من المبني بين فواصل التمدد.

Δt الفرق في ارتفاع درجة الحرارة.

F معامل تكبير يتوقف على حالة الجو ونوع المنشآ.

١- حدوث تعشيش بالقطاعات الخرسانية:
وتعالج بواسطة النحت لإظهار مكان التعشيش وتنظيفها ورشها بالماء والمعالجة بمونة أسمنتية غنية (3 رمل خشن: 1 أسمنت + ماء كاف للتشغيل ويمكن استخدام صافة لتحسين التشغيلية).

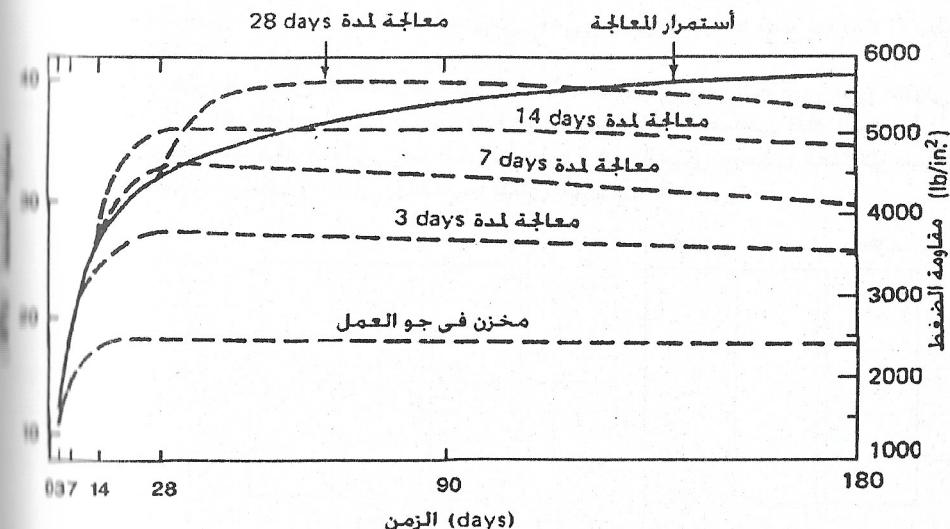
٢- حدوث فجوات ذات حجم كبير:

- يتم النحت لتحديد مكان الفجوة وتنظيفها.
- يتم عمل قالب حول الفجوة.
- يتم تшибيع الخرسانة بالماء قبل الصب بـ 24 ساعة أو دهان الخرسانة بمادة لاحمة.
- يتم صب الفجوة بخرسانة من الزلط (مقاس اعتبرى أكبر 8/3 بوصة) والرمل والأسمنت والماء ومادة ملدننة.

٣- حدوث بروز في الخرسانة عن القطاع المعماري:
يتم عمل جزء لتلك الخرسانة إذا كانت خرسانة عادية، أما إذا كان البروز تبعه حركة في صلب التسليح، فإنه يجب تسوية السطح بإضافة طبقات إضافية مع استخدام تسليح لتلك الطبقات.

٤- ظهور حديد التسليح في بعض الأماكن:
يتم تنظيف حديد التسليح ورشه بخليط غني من الأسمنت والماء أو دهانه بابيكوكسى على بالزنك. يتم عمل غطاء سمكه لا يقل عن 2 سم من مونة الأسمنت الغنية.

٥- حدوث ميل بالأعمدة :
لايزيد ميل الأعمدة الداخلية عن 1 : 1200 وذلك حتى إرتفاع 30 متر ولأعمدة الأرakan لايزيد الميل في كل 6 متر عن 1 : 1200 وفي 30 متر عن 1 : 2000



شكل (21-4) تأثير مدة المعالجة على العلاقة بين مقاومة الضغط والزمن والشكل يوضح أن المعالجة تسبب تحسن مقاومة الضغط حتى لو لم تبدأ المعالجة مبكراً.

٢-٤-٤ إزالة القرم:
يتم فك الشدة عندما تصل مقاومة الخرسانة إلى قيمة تمكن العضو الخرساني من تحمل الإجهادات الناشئة عن وزنه، أو أي أحصار ناتجة عن خطوات التشيد اللاحقة. ويجب التأكد من عدم حدوث ترخيم أو تشكك كبير. ويمكن حساب الزمن الذي يمكن فك الشدائد للقطاعات المعرضة لعزم احناء بالتقريب من المعادلات الآتية (طبقاً للكود المصري لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية):

نوع الأسمنت	بورتلاندي سريع التصلد	بورتلاندي سريعة التصلد
كمرات أو بلاطات	$t = L_B + 2$	$t = L_B + 1$
كابولي	$t = 4L_C + 2$	$t = 2L_C + 1$

حيث L_B بحر الكمره أو البلاطة و L_C بحر الكابولي، t قيم الزمن بالليوم اللازم لفك الشدة. يتم فك الشدة للأعضاء المعرضة للضغط مثل الأعمدة والحوائط بعد مرور 24 ساعة من الصب، ومن المهم التأكيد على أن يقوم المهندس باختبار شرك الخرسانة يدوياً بعد مرور يوم من الصب عن طريق دق مسمار صلب بها للتأكد من شكلها الظاهري وذلك في حال عدم وجود عينات لاختبارها في مقاومة الضغط وكذا لровер سقف بحر كمراته 6 متراً لفك الشدائد بعد 14 ، 7 أيام لو استخدم أسمنت بورتلاندي عادي أو أسمنت سريع التصلد على الترتيب .

٣-٤-٤ معالجة عيوب الصب:
بعد فك الشدائد يجب على المهندس التفتيش على الخرسانة، ورصد عيوب الصب وترميمها؛ والتي تتحضر فيما يلى: